

УДК 004.021

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЙ ВАН ДЕР ПОЛЯ

¹Березин А.А., ²Финогеев А.Г.

¹НОУ ВПО «Московский финансово-промышленный университет»,
Москва, e-mail: artparis@mail.ru;

²ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза

В статье рассматривается задача оценки конкурентоспособности предприятий на основе определения индикаторов деятельности предприятий и анализа динамики изменения доли рынка предприятия при флуктуациях ключевых показателей и внешних факторов. Для оценки конкурентоспособности предприятий предлагается метод математического моделирования процесса конкуренции между парами предприятий за долю рынка на основе нелинейной модели в виде связанных уравнений Ван дер Поля. В статье приводятся результаты моделирования и оценки конкурентоспособности предприятий: в условиях получения инсайдерской информации, при изменении ритмичности работы предприятий. Отдельным этапом исследований является изучение изменений рыночной доли, занимаемой новым одиночным предприятием, которое не взаимодействует в информационном плане с конкурирующими компаниями. Исследования проводились с помощью пакета прикладных программ Mathematica фирмы Wolfram Research.

Ключевые слова: конкурентоспособность, доля рынка, рыночные флуктуации, уравнения Ван дер Поля, математическое моделирование, ритмичность, информационное взаимодействие

MATHEMATICAL MODELLING OF ENTERPRISES COMPETITIVENESS DYNAMICS ON THE BASIS OF THE VAN DER POL EQUATIONS

¹Berezin A.A., ²Finogeev A.G.

¹Moscow University for Industry and Finance «Synergy», Moscow, e-mail: artparis@mail.ru;

²Penza State University, Penza

The article deals with the problem of estimation of competitiveness of enterprises on the basis of definition of indicators of the enterprises activity and the analysis of the market share dynamics of the enterprise under the key parameters fluctuations and external factors. For the estimation of the enterprises competitiveness the method of mathematical modeling of the process of competition for a market share between two pairs the enterprises on the basis of the nonlinear model of coupled Van der Pol equations has been proposed. The results of modeling and the estimation of competitiveness of the enterprises have been studied in the following cases: in conditions of reception of confidential information, under changing of the working rhythm of the enterprises. A special stage of research was the study the market share changes occupied by a new single enterprise which does not exchange information with the competing companies. The computer study was carried out with the help of the package of applied programs Mathematica by Wolfram Research.

Keywords: competitiveness, market share, coupled Van der Pol equations, mathematical modeling, working rhythm, information interaction

Анализ и оценка конкурентоспособности – это практический способ исследования результатов деятельности хозяйствующих субъектов в экономике. Важнейшим методом анализа является математическое моделирование объекта исследования (предприятия), где на первом этапе учитывается максимально возможное число характеристик – свойства, взаимосвязи, структурные и функциональные параметры и т.п. После предварительного изучения модели, как правило, число характеристик сокращают до определенного количества наиболее существенных параметров, чтобы сократить размерность модели [15].

В современной теории и практике не существует единого мнения по определению сущности самого процесса конкуренции и, соответственно, конкурентоспособно-

сти. Каждая научная школа, занимающаяся исследованиями проблемы конкурентоспособности предприятий, выделяет свой набор критериев, источников и факторов конкурентоспособности [6, 11, 2, 3].

Математическая модель оценки конкурентоспособности

Анализ научной литературы показывает, что в качестве показателей конкурентоспособности часто используют количественные и качественные характеристики [7, 1]. Большинство количественных показателей фактически определяют долю рынка, которую занимают товары и/или услуги, предлагаемые конкурирующими предприятиями.

Оценка конкурентоспособности заключается в определении влияния различных

показателей на конкурентоспособность предприятия. Для оценки уровня конкурентоспособности предприятия в настоящее время используются методики [7, 12, 10, 14]:

- анализа сравнительных преимуществ;
- на основе оценки эффективности конкуренции;
- на базе оценки качества товара (услуги);
- на основе теории равновесия фирмы и отрасли;
- на базе расчета интегральной конкурентоспособности;
- на основе мультимножеств;
- с использованием матричных методов оценки;
- на основе сравнения с эталоном и т.п.

Изучение методик позволяет сделать вывод о том, что используемый в них математический аппарат в основном является вариантами детерминированного факторного анализа и не в полной мере учитывает нелинейность и динамику процесса конкуренции.

В статье ставится фундаментальная задача исследования подхода к анализу и оценки конкурентоспособности ряда предприятий, который базируется на двух

основных принципах: определения ключевых индикаторов деятельности предприятий, анализа динамики изменения доли рынка предприятия при флуктуациях ключевых показателей и внешних факторов.

В качестве ключевых показателей рассматриваются рентабельность деятельности компании (операционная эффективность) и динамика рыночной доли (стратегическое позиционирование).

Для оценки относительной конкурентоспособности нескольких компаний предлагается метод математического моделирования процесса конкуренции между двумя парами предприятий за долю рынка на основе предложенной в [1] нелинейной модели конкурирующих компаний в виде связанных уравнений Ван дер Поля. Тогда математическая модель конкурентов представляется как две пары связанных уравнений.

Пусть доли рынка, занимаемые предприятиями, пропорциональны числу продаж, осуществленных ими за относительно продолжительный период времени (порядка трех месяцев).

Тогда модель для попарного сравнения 4 предприятий выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 M_1}{dt^2} - a_1(1 - Y_1) \frac{dM_1}{dt} + \omega_1^2(1 + \alpha_1 M_2 + \alpha_2 M_3 + \alpha_3 M_4) M_1 &= \\ = c_1 \frac{d^2 M_2}{dt^2} + c_2 \frac{d^2 M_3}{dt^2} + c_3 \frac{d^2 M_4}{dt^2} + d_1 F_1 + d_2 F_2 - d_3 F_3; \\ b_1 Y_1 + T_1 \frac{dY_1}{dt} &= M_1^2; \\ \frac{d^2 M_2}{dt^2} - a_2(1 - Y_2) \frac{dM_2}{dt} + \omega_2^2(1 + \alpha_4 M_1 + \alpha_5 M_3 + \alpha_6 M_4) M_2 &= \\ = c_4 \frac{d^2 M_1}{dt^2} + c_5 \frac{d^2 M_3}{dt^2} + c_6 \frac{d^2 M_4}{dt^2} + d_1 F_1 + d_2 F_2 - d_3 F_3; \\ b_2 Y_2 + T_2 \frac{dY_2}{dt} &= M_2^2; \\ \frac{d^2 M_3}{dt^2} - a_3(1 - Y_3) \frac{dM_3}{dt} + \omega_3^2(1 + \alpha_7 M_1 + \alpha_8 M_2 + \alpha_9 M_4) M_3 &= \\ = c_7 \frac{d^2 M_1}{dt^2} + c_8 \frac{d^2 M_2}{dt^2} + c_9 \frac{d^2 M_4}{dt^2} + d_1 F_1 + d_2 F_2 - d_3 F_3; \\ b_3 Y_3 + T_3 \frac{dY_3}{dt} &= M_3^2; \\ \frac{d^2 M_4}{dt^2} - a_4(1 - Y_4) \frac{dM_4}{dt} + \omega_4^2(1 + \alpha_{10} M_3 + \alpha_{11} M_2 + \alpha_{12} M_1) M_4 &= \\ = c_{10} \frac{d^2 M_1}{dt^2} + c_{11} \frac{d^2 M_2}{dt^2} + c_{12} \frac{d^2 M_3}{dt^2} + d_1 F_1 + d_2 F_2 - d_3 F_3; \\ b_4 Y_4 + T_4 \frac{dY_4}{dt} &= M_4^2. \end{aligned}$$

Здесь M_1, M_2, M_3, M_4 – доли рынка четырех предприятий, пропорциональные количеству продаж; a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты, отражающие степень ритмичности работы предприятий (от 0,1 до 2); $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_8, \alpha_9, \alpha_{10}, \alpha_{11}, \alpha_{12}$ – коэффициенты, отражающие степень владения стратегической информацией одного предприятия о другом (от 0 до 100%); $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9, c_{10}, c_{11}, c_{12}$ – коэффициенты, отражающие степень владения повседневной информацией одного предприятия о другом; F_1, F_2 – случайные функции, отражающие влияние на занимаемую предприятиями долю рынка месячных и годовых флуктуаций рыночных показателей; F_3 – случайная функция, отражающая влияние на процессы продаж форс-мажорных обстоятельств со стороны внешней среды техногенного, природного и антропогенного характера; T_1, T_2, T_3, T_4 – времена задержки продукта на складах предприятий; b_1, b_2, b_3, b_4 – скорости выхода продуктов со складов предприятий на реализацию; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – величины, обратные времени циклов изготовления продукта предприятиями.

В процессе моделирования был сделан ряд следующих допущений. Пусть длительность производственных циклов второй пары предприятий вдвое короче, чем у первой пары. Длительность производственных циклов предприятий внутри второй и первой пары различается в полтора раза между собой. Первоначально все предприятия одинаковым образом информированы друг о друге. Все начальные доли рынка четырех предприятий (начальные условия) равны между собой (предполагается, что на рынке имеются доли других предприятий).

Исследования системы уравнений проводились с помощью пакета прикладных программ Mathematica фирмы Wolfram Research. Результаты решений системы уравнений приведены на графиках (рис. 1).

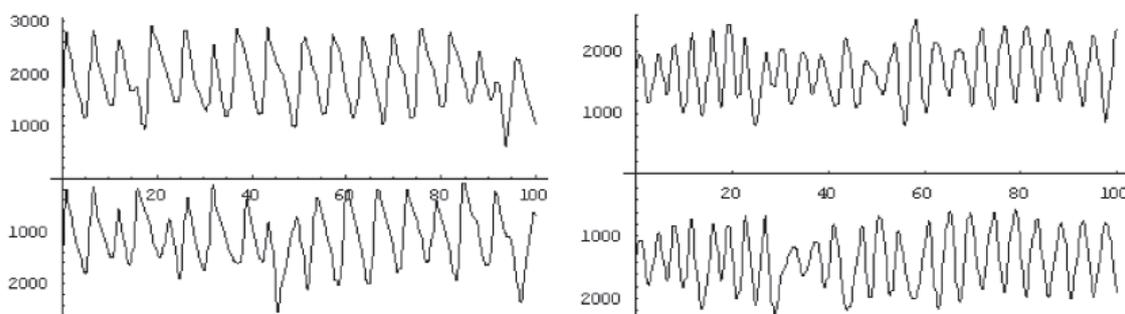


Рис. 1. Изменения долей рынка

На графиках показаны изменения долей рынка для четырех предприятий, выраженные через количество продаж (по

вертикали), изменяющихся во времени (по горизонтали). Первая пара графиков отражает деятельности первого и второго предприятия в зеркальном отражении для наглядности визуального анализа, вторая пара – третьего и четвертого. Как видно из графиков, при одинаковых начальных условиях (долях рынка), в течение времени они становятся различными для разных предприятий.

Математическое моделирование конкурентоспособности предприятий на рынке при воздействии различных факторов

Проведем моделирование конкурентоспособности в условиях получения первой парой предприятий инсайдерской конфиденциальной информации о второй паре (от 50 до 100%) (рис. 2).

Первая группа графиков показывает увеличение доли рынка, выраженное через количество продаж, занимаемой первой парой предприятий (верхняя пара графиков) по сравнению с долей второй пары (нижняя пара графиков).

Анализ результатов моделирования показывает, что в двухпарной математической модели не наблюдается постоянно растущей зависимости числа продаж от владения предприятиями инсайдерской информацией. Увеличение доли рынка проявляется только при получении 50% конфиденциальной информацией и при дальнейшем получении данной информации более не растет. В случае исследования только пары предприятий розничной торговли [1], наоборот, влияние фактов получения инсайдерской информации резко усиливает негативные тенденции в изменении числа продаж пострадавшего предприятия. Это, говорит о том, что в случае большого числа предприятий факты

инсайда оказывают все меньшее влияние на конкурентоспособность предприятий за счет большей роли других показателей.

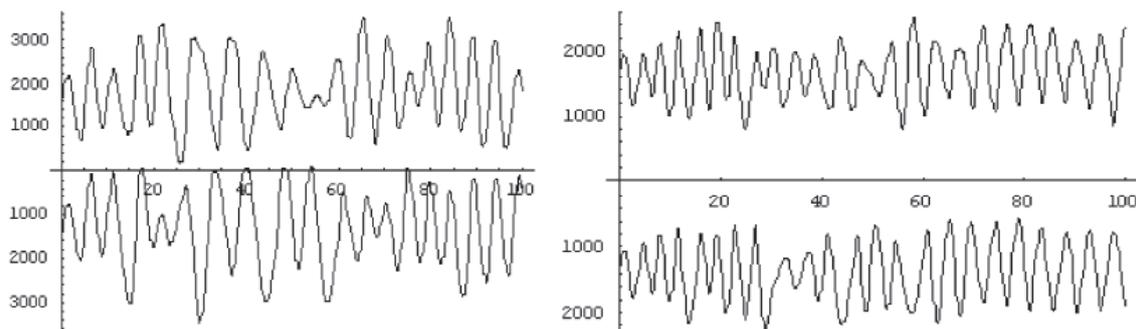


Рис. 2. Увеличение доли рынка

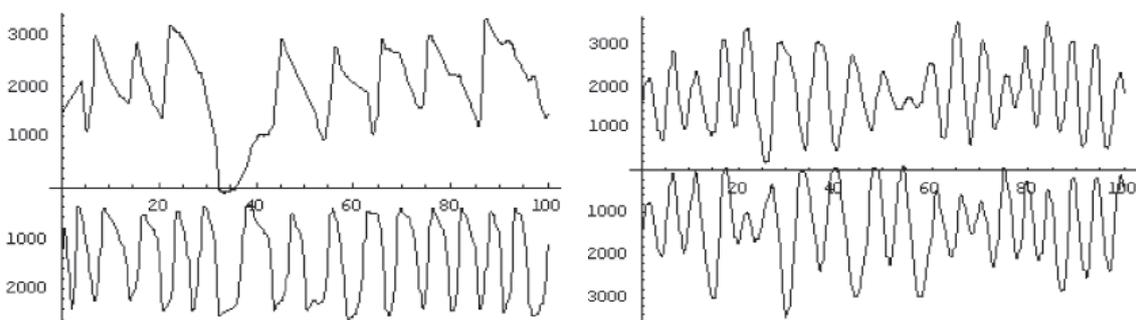


Рис. 3. Зависимость стабильности изменения долей рынка от ритмичности работы предприятий

Следующий модельный эксперимент доказывает зависимость конкурентоспособности пар предприятий от ритмичности их работы (рис. 3).

На графиках показаны проявления нестабильности объемов продаж третьего и четвертого предприятий при ухудшении ритмичности их работы (коэффициенты $a_3, a_4 = 2$) по сравнению с более ритмичной работой первого и второго предприятий ($a_1, a_2 = 0,2$).

Улучшим ритмичность работы третьего и четвертого предприятий путем изменения коэффициентов ($a_3, a_4 = 0,2$). Посмотрим, что получится (рис. 4).

Результаты моделирования показывают относительную стабилизацию динамики долей рынка для предприятий при снижении фактора неритмичной работы. Таким образом, в рамках моделирования двух пар предприятий, для увеличения их доли рынка целесообразно организовать работу предприятий в более ритмичном режиме.

Заключение

Решение научной задачи анализа и оценки конкурентоспособности предприятий на базе исследования занимаемой ими доли рынка сбыта является особенно актуальной в современных рыночных условиях.

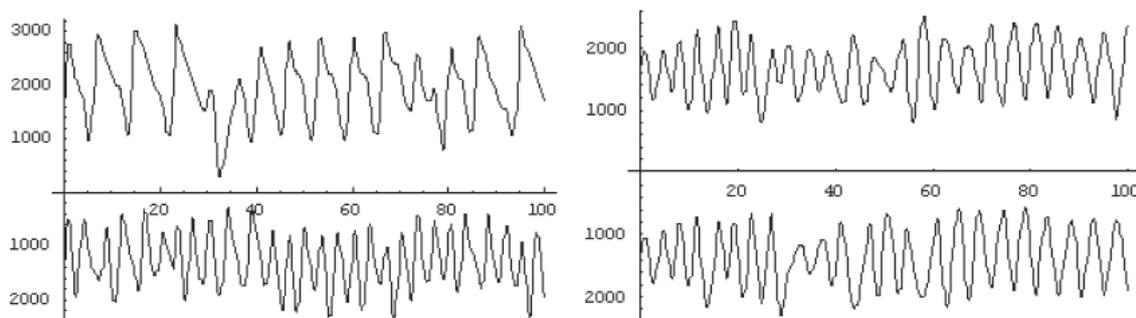


Рис. 4. Стабилизация долей рынка при снижении воздействия фактора ритмичности работы предприятий

Это необходимо как для вновь создаваемых предприятий, с целью анализа правильности выбора рыночной ниши и оценки технологий маркетинга и вхождения на рынок, так и для повышения конкурентоспособности и эффективности функционирования существующих предприятий. Полученные результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для повышения конкурентоспособности компаний необходим взаимный обмен между ними информацией как общедоступного, так и конфиденциального толка.

2. При одинаковых начальных условиях взаимодействующие (информационно-связанные) предприятия имеют ярко выраженные конкурентные преимущества в плане возможности получения большей результирующей доли рынка, чем одиночные предприятия, работающие без кооперации с другими компаниями.

Список литературы

1. Березин. А.А. Сравнительный анализ стратегий розничных торговых компаний с помощью математического моделирования на примере компаний отечественного ритейла: X5 Retail Group и «Магнит» / В.П. Чеглов, А.А. Березин // Менеджмент и Бизнес-администрирование. – 2014. – № 3. – С. 90–100.
2. Васильева З.А. Иерархия понятий конкурентоспособности субъектов рынка // Маркетинг в России и за рубежом. – 2006. – № 2.
3. Вовк О.Л., Гайдукова О.А. Математическая модель оценки конкурентоспособности предприятий на основе множеств // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування» (МАП-2008). Випуск 7(150): – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – 290 с.
4. Воронов Д.С. Конкурентоспособность предприятия: оценка, анализ, пути повышения. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2001. – 96 с.
5. Забелин П.В. Основы стратегического управления. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1998. – 195 с.
6. Захаров А.Н. Конкурентоспособность предприятия: сущность, методы, оценки и механизмы увеличения // Бизнес и банки. – 2004. – № 1–2.
7. Зулкарнаев И.У., Ильясова Л.Р. Метод расчета интегральной конкурентоспособности промышленных, торговых и финансовых предприятий // Маркетинг в России и за рубежом. – 2001. – № 4.
8. Портер М. Конкуренция. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 495 с.
9. Рубин Ю.Б. Конкуренция: упорядоченное взаимодействие и профессионализм в бизнесе. – М.: Маркет ДС, 2008. – 464 с.
10. Фасхiev X.A. Анализ методов оценки качества и конкурентоспособности грузовых автомобилей // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 3.

11. Фасхiev X.A., Попова Е.В. Как измерить конкурентоспособность предприятия? // Маркетинг в России и за рубежом. – 2003. – № 4.

12. Фасхiev X.A., Сафарова М.А. Методика оценки конкурентоспособности поставщиков // Инженер. Технолог. Рабочий. – 2005. – № 3.

13. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 311 с.

14. Финогеев А.Г. Моделирование исследование системно-синергетических процессов в информационных средах: монография. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2004. – 223 с.

15. Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – 3-е изд., доп. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 352 с.

References

1. Berezin. A.A. Sravnitelnyj analiz strategij roznichnyh trgovykh kompanij s pomoshhju matematicheskogo modelirovaniya na primere kompanij otechestvennogo ritejla: H5 Retail Group i «Magnit». / Cheglov V.P., A.A. Berezin // zh. Menedzhment i Biznes-administrirovaniye. 2014 no. 3 pp. 90–100.
2. Vasileva Z.A. Ierarhija ponjatij konkurentosposobnosti sub#ektov rynka // Marketing v Rossii i za rubezhom. 2006. no. 2.
3. Vovk O.L., Gajdukova O.A. Matematicheskaja model ocenki konkurentosposobnosti predpriyatij na osnove multimnozhestv // Naukovi praci Doneckogo nacionalnogo tehnicnogo universitetu. Serija «Problemi modeljuvannja ta avtomatizacii proektuvannja» (MAP-2008). Vipusk 7(150): Doneck: DonNTU. 2008. 290 p.
4. Voronov D.S. Konkurentosposobnost predpriyatija: oценка, analiz, puti povysheniya. Ekaterinburg: Izd-vo UGTU-UPI, 2001. 96 p.
5. Zabelin P.V. Osnovy strategicheskogo upravlenija. M.: Informacionno-vnedrencheskij centr «Marketing», 1998. 195 p.
6. Zaharov A.N. Konkurentosposobnost predpriyatija: su-shhnost, metody, oценki i mehanizmy uvelichenija // Biznes i banki. 2004. no. 1–2.
7. Zulkarnaev I.U., Iljasova L.R. Metod rascheta integralnoj konkurentosposobnosti promyshlennyh, trgovykh i finansovyh predpriyatij // Marketing v Rossii i za rubezhom. 2001. no. 4.
8. Porter M. Konkurencija. M.: Izdatelskij dom «Viljams», 2000. 495 p.
9. Rubin Ju. B. Konkurencija: uporyadochennoe vzaimod-ejstvie i professionalizm v biznese. M.: Market DS, 2008. 464 p.
10. Fashiev H.A. Analiz metodov oценki kachestva i konkurentosposobnosti gruzovyh avtomobilej // Metody menedzhmenta kachestva. 2001. no. 3.
11. Fashiev H.A., Popova E.V. Kak izmerit konkurentosposobnost predpriyatija? // Marketing v Rossii i za rubezhom. 2003. no. 4.
12. Fashiev H.A., Safarova M.A. Metodika oценki konkurentosposobnosti postavshhikov // Inzhener. Tehnolog. Rabochij. 2005. no. 3.
13. Fathutdinov R.A. Konkurentosposobnost: jekonomika, strategija, upravlenie. M.: INFRA-M, 2000. 311 p.
14. Finogeev A.G. Modelirovanie issledovanie sistemno-sinergeticheskikh processov v informacionnyh sredah: Mono-grafija. Penza: Izd-vo PGU, 2004. 223 p.
15. Sheremet A.D. Teorija jekonomicheskogo analiza. M.: INFRA-M, 2011. 352 p.